

ACTION GENERATION DEVICE, ACTION GENERATION METHOD AND ACTION GENERATION PROGRAM RECORDING MEDIUM

Publication number: JP11143849 (A)

Publication date: 1999-05-28

Inventor(s): USHIDA HIROHIDE; HIRAYAMA YUJI; NAKAJIMA HIROSHI

Applicant(s): OMRON TATEISI ELECTRONICS CO

Classification:


- international: **B25J13/00; G06F15/18; G06N1/00; G06N3/08; B25J13/00; B25J13/00; G06F15/18; G06N1/00; G06N3/00; B25J13/00; (IPC1-7): G06F15/18; B25J13/00**

- European:

Application number: JP19970308561 19971111

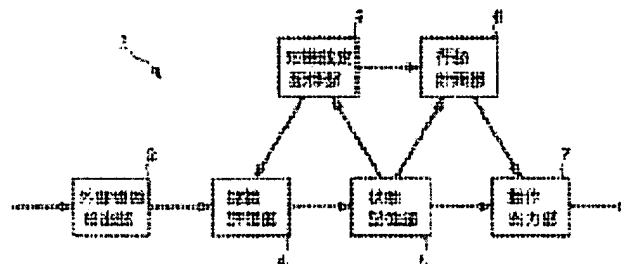
Priority number(s): JP19970308561 19971111

Also published as:

 **JP3178393 (B2)**

Abstract of JP 11143849 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate an action extremely approximate to the action of a real organism by generating an autonomous action to a condition on the basis of concepts of learning, oblivion and consciousness. **SOLUTION:** An artificial organism model 1 is composed of an external information detection part 2, a knowledge set storage part 3, a recognition evaluation part 4, a condition storage part 5, an action plan part 6, and an operation output part 7. The knowledge set storage part 3 stores a relationship between recognition result of the external information which the external information detection part 2 detects in a process in which the artificial organism model 1 acts and a priori action target stored in advance in the knowledge set storage part 3 together with the degree of association and the degree of storage.; The recognition evaluation 4 refers to, recognizes and evaluates storage contents of the knowledge set storage part 3 with regard to each of the external information. The condition storage part 5 stores evaluation result in the recognition evaluation part 4. The action plan part 6 decides an action to be executed according to evaluation results stored in the condition storage part 5 and outputs to the action output part 7.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

Partial Translation of Reference 3

Jpn. Pat. Appln. KOKAI Publication No. 11-143849

Filing No.: 09-308561

Filing Date: November 11, 1997

Applicant: OMRON CORP

Priority: Not Claimed

KOKAI Date: May 28, 1999

Request for Examination: Not filed

Int.Cl.: G06F 15/18

B25J 13/00

Column 21, Line 7 to Line 43

[0103]

7. Steps of Processing Artificial Organism Model

Steps of processing the artificial organism model 1 configured as described above are shown in the flowchart of FIG. 12. The artificial organism model 1 repeats randomly moving and stopping by operation of the action plan section 6 and the operation output section 7 until the external information detection section 2 detects external information (s1 and s2). When the external information detection section 2 detects external information, a recognition section 41 of the recognition evaluation section 4 performs processing of recognizing the external information detected by the external information detection section 2 (s3). Then, the consciousness level calculation section 32 performs calculation of a consciousness level with respect to the recognized external information (s4).

[0104] Next, a piece of external information with a consciousness level equal to or higher than a predetermined threshold value among the recognized external information is extracted as a target on consciousness to an evaluation section 33 (s5). Then, the evaluation section 33 creates an evaluation output list with respect to the extracted target on consciousness (s6). Further, an internal state stored by an internal state storage section 42 is updated based on the created evaluation output list (s7), and also a stored content of an experience knowledge storage section 12 in the knowledge set storage section 3 is updated (s8).

[0105] After the above, the action plan section 6 creates an action plan based on the evaluation output list and the stored content of the experience knowledge storage section 12 (s9). Then, the operation output section 7 outputs operation based on the created action plan. The artificial organism model 1 executes the processing of the above steps s1 to s10 repeatedly in a state where power is turned on.

[0106] By the processing described above, the artificial organism model 1 according to the present embodiment executes concepts of learning, forgetting, and consciousness that are used in a process of generating an action in a real organism in simulation. The artificial organism model 1 generates an autonomous action in response to external information, and executes an action that is extremely close to an action of a real organism.

[0107] In the artificial organism model 1 described above, the knowledge set storage section 3, the recognition evaluation section 4, the state storage section 5, and the

action plan section 6 can be constituted in a microcomputer equipped with a memory. Also, the steps of processing of the artificial organism model 1 can be supplied to the microcomputer as a processing program recorded in a recording medium, such as a CD-ROM.

FIG. 12

- s1: Moving and stopping are repeated randomly
 - s2: External information is detected
 - s3: Recognition processing
 - s4: Consciousness level is calculated
 - s5: Target with consciousness level equal to or higher than threshold value is extracted
 - s6: Evaluation output list is created
 - s7: Internal state is updated
 - s8: Stored content of experience knowledge storage section is updated
 - s9: Action plan is created
 - s10: Operation is output
- Start

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-143849

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 F 15/18

G 0 6 F 15/18

B 2 5 J 13/00

B 2 5 J 13/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平9-308561

(22) 出願日 平成9年(1997)11月11日

(71) 出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72) 発明者 牛田 博英

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

(72) 発明者 平山 裕司

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

(72) 発明者 中嶋 宏

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ

ムロン株式会社内

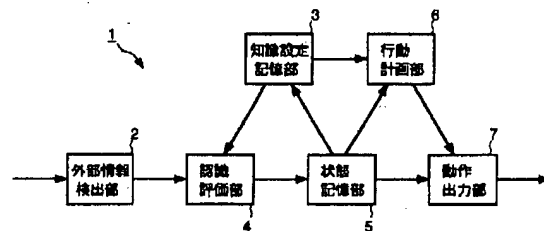
(74) 代理人 弁理士 小森 久夫

(54) 【発明の名称】 行動生成装置、行動生成方法及び行動生成プログラム記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 学習、忘却及び意識の概念に基づいて状況に対して自律的な行動を生成することにより、現実の生物の行動に極めて近似した行動を生成する。

【解決手段】 人工生物モデル1を、外部情報検出部2、知識設定記憶部3、認識評価部4、状態記憶部5、行動計画部6及び動作出力部7によって構成した。知識設定記憶部3は、人工生物モデル1が行動する過程において外部情報検出部2が検出した外部情報の認識結果と知識設定記憶部3に予め記憶されている先天的行動目標との関係、その関連度及び記憶度とともに記憶する。認識評価部4は、各外部情報について知識設定記憶部3の記憶内容を参照して認識、評価する。状態記憶部5は、認識評価部4における評価結果を記憶する。行動計画部6は、状態記憶部5に記憶されている評価結果にしたがって実行すべき行動を決定し、動作出力部7に出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】外部情報を検出する外部情報検出部と、予め定められた複数の基本行動目標を記憶する基本行動目標記憶部と、外部情報検出部が検出した外部情報と基本行動目標記憶部が記憶している各基本行動目標との関係を獲得行動目標として記憶する獲得行動目標記憶部と、を設け、基本行動目標記憶部が記憶している基本行動目標又は獲得行動目標記憶部が記憶している獲得行動目標に基づいて外部情報検出部が検出した外部情報に対して実行すべき行動を決定することを特徴とする行動生成装置。

【請求項2】前記獲得行動目標記憶部が、複数の外部情報のそれぞれについて、獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶する請求項1に記載の行動生成装置。

【請求項3】前記獲得行動目標記憶部が、前記記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少する請求項2に記載の行動生成装置。

【請求項4】前記獲得行動目標記憶部が、前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項2に記載の行動生成装置。

【請求項5】前記基本行動目標記憶部が、複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶する請求項1に記載の行動生成装置。

【請求項6】前記獲得行動目標記憶部が、複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶する請求項1に記載の行動生成装置。

【請求項7】前記獲得行動目標記憶部が、前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項6に記載の行動生成装置。

【請求項8】少なくとも前記基本行動目標記憶部に記憶した重要度、及び、前記獲得行動目標記憶部に記憶した関連度にしたがって、前記外部情報検出部が検出した複数の外部情報のいずれかを選択し、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて実行すべき行動を決定する請求項6又は7に記載の行動生成装置。

【請求項9】外部情報を検出し、検出した外部情報と予め定められた複数の基本行動目標のそれぞれとの関係を獲得行動目標として記憶し、基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定することを特徴とする行動生成方法。

【請求項10】複数の外部情報のそれぞれについて獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶し、記憶度に基づいて各獲得行動目標を個別に消去する請求項9に記載の行動生成方法。

【請求項11】前記記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少する請求項10に記載の行動生成方法。

【請求項12】前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項10又は11に記載の行動生成方法。

【請求項13】複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶する請求項9に記載の行動生成方法。

【請求項14】複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶する請求項9に記載の行動生成方法。

【請求項15】前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する請求項14に記載の行動生成方法。

【請求項16】前記重要度、及び、前記関連度にしたがって、検出した複数の外部情報のいずれかを選択し、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて実行すべき行動を決定する請求項14又は15に記載の行動生成方法。

【請求項17】外部情報を検出する処理と、検出した外部情報と予め定められた複数の基本行動目標のそれぞれとの関係を獲得行動目標として記憶する処理と、基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定する処理と、からなるプログラムを記録したことを特徴とする行動生成プログラム記録媒体。

【請求項18】複数の外部情報のそれぞれについて獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶する処理と、記憶度に基づいて各獲得行動目標を個別に消去する処理と、を含むプログラムを記録した請求項17に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項19】前記記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少する処理を含むプログラムを記録した請求項18に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項20】前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する処理を含むプログラムを記録した請求項18又は19に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項21】複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶する処理を含むプログラムを記録した請求項17に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項22】複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶する処理を含むプログラムを記録した請求項17に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項23】前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減する処理を含むプログラムを記録した請求項22に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【請求項24】前記重要度、及び、前記関連度にしたがって、検出した複数の外部情報のいずれかを選択する処理と、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得

行動目標に基づいて実行すべき行動を決定する処理と、を含むプログラムを記録した請求項22又は23に記載の行動生成プログラム記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ロボット等の模擬生物、及び、コンピュータシステムのディスプレイ等に表示される仮想生物等の人工生物モデルが実行すべき自律的な行動を生成する行動生成装置、行動生成方法及び行動生成プログラム記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】ロボット等の模擬生物やコンピュータシステムのディスプレイ等に表示される仮想生物として、従来より外部から入力された情報に応じて自律的に行動するようにした人工生物モデルが存在する。従来より、この種の人工生物モデルが実行する行動を、現実の生物の行動にできるだけ近似させる試みが多くなされている。

【0003】ここで、現実の生物は、経験に基づく学習により知識を獲得し、獲得した知識を状況に応じて利用することにより、反応としての行動を行うことができる状況を次第に増やし、多様な行動パターンを自律的に生成する。また、現実の生物は、特定の状況に長期間にわたって遭遇しない場合には、その状況に対する反応行動を忘れ、状況に対する反応が遅れたり、全く反応できなくなる等の忘却と呼ばれる現象を生じる。さらに、現実の生物には、反応すべき事象が同時に複数存在する場合に自分にとって反応する価値の最も高い事象のみに対して行動するといった意識が存在する。

【0004】したがって、現実の生物の行動の生成には学習、忘却及び意識が不可欠であり、人工生物モデルの行動を現実の生物の行動に近似させるためには、状況に対して行うべき行動の生成過程において学習、忘却及び意識の概念が必要となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の人工生物モデルでは、刺激としての外部状況と出力としての行動との関係が予め固定的に決定されており、状況に応じた行動を経験に基づく学習によって知識として獲得することができないものが一般的である。また、外部刺激や内部状態の履歴に基づいて反応パターンとしての行動を生成するようにしたものも提案されているが、この場合にも予め想定されていない状況に対しては適当な反応パターンを生成することができない。このような場合に、起こりうる全ての状況を予め想定することは困難であるとともに、多数の状況を想定して記憶しておくためには容量の大きな記憶手段が必要で現実的でない。

【0006】また、従来の人工生物モデルでは、過去の刺激や内部状態の履歴に基づいて反応パターンを生成する際に、新しい履歴データの重み値を大きくするとともに

に古い履歴データの重み値を小さくすることによって反応パターンの生成に忘却の概念を取り入れるようにしたものがあるが、このような反応パターンの生成方法では、個々の刺激や内部状態に関する履歴データを保存しておくために容量の大きな記憶手段が必要になる問題がある。

【0007】さらに、従来の人工生物モデルでは、意識の概念を用いて刺激に対する反応行動を生成するようにしたものがなく、反応すべき事象が同時に複数存在する場合に、全ての事象に対して反応行動を生成しようとする結果、処理時間が長時間化して反応行動の実行が遅れたり、反応行動の優先順位を決定できずに所謂デッドロック状態に陥る等の問題がある。

【0008】この発明の目的は、学習、忘却及び意識の概念に基づいて状況に対して自律的な行動を生成することにより、現実の生物の行動に極めて近似した行動を生成することができる行動生成装置、行動生成方法及び行動生成プログラム記録媒体を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1、9及び17に記載した発明は、外部情報を検出し、検出した外部情報と予め定められた複数の基本行動目標のそれぞれとの関係を獲得行動目標として記憶し、基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定することを特徴とする。

【0010】請求項1、9及び17に記載した発明においては、検出した外部情報と予め定められた基本行動目標との関係から新たな行動目標を獲得行動目標として学習し、学習した獲得行動目標を含めた行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動が決定される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定するための行動目標が学習により補充され、行動目標との関係が予め定められていない外部情報に対しても実行すべき行動が自律的に決定される。

【0011】請求項2、10及び18に記載した発明は、複数の外部情報のそれぞれについて獲得行動目標を保存すべき期間を表す記憶度を記憶し、記憶度に基づいて各獲得行動目標を個別に消去することを特徴とする。

【0012】請求項2、10及び18に記載した発明においては、学習により獲得した新たな行動目標が記憶度に基づいて個別に消去される。したがって、新たに獲得した行動目標の一部が消去され、外部情報に対して実行すべき行動を決定するための行動目標が過度に保存されることがない。

【0013】請求項3、11及び19に記載した発明は、前記憶度のそれぞれを時間経過に伴って個別に減少することを特徴とする。

【0014】請求項3、11及び19に記載した発明においては、時間経過にともなって減少する記憶度にしたがって獲得行動目標が個別に消去される。したがって、

外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる忘却現象が再現される。

【0015】請求項4、12及び20に記載した発明は、前記記憶度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減することを特徴とする。

【0016】請求項4、12及び20に記載した発明においては、使用状態に応じて減少する記憶度にしたがって獲得行動目標が個別に消去される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、各外部情報の出現頻度に応じて現実の生物に生じる忘却現象がより忠実に再現される。

【0017】請求項5、13及び21に記載した発明は、複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位を表す重要度を記憶することを特徴とする。

【0018】請求項5、13及び21に記載した発明においては、複数の基本行動目標のそれぞれの優先順位が重要度として表される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、複数の基本行動目標のそれぞれに付与された重要度を参照することにより、検出した外部情報が複数の基本行動目標に関係する場合にも、その外部情報に対して単一の行動が決定される。

【0019】請求項6、14及び22に記載した発明は、複数の外部情報のそれぞれについて基本行動目標との関連度を記憶することを特徴とする。

【0020】請求項6、14及び22に記載した発明においては、各基本行動目標に関係する複数の外部情報のそれぞれについて、その基本行動目標との関連度が付与される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に関係する複数の外部情報が同時に検出された場合にも、単一の外部情報に対する単一の行動が決定される。

【0021】請求項7、15及び23に記載した発明は、前記関連度のそれぞれを各外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減することを特徴とする。

【0022】請求項7、15及び23に記載した発明においては、各外部情報に付与された関連度が、その外部情報についての獲得行動目標の使用状態に応じて個別に増減される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に関係する複数の外部情報が同時に検出された場合にも、出現頻度の最も高い単一の外部情報に対する単一の行動が決定される。

【0023】請求項8、16及び24に記載した発明は、前記重要度、及び、前記関連度にしたがって、検出した複数の外部情報のいずれかを選択し、選択した外部情報について基本行動目標又は獲得行動目標に基づいて

実行すべき行動を決定することを特徴とする。

【0024】請求項8、16及び24に記載した発明においては、複数の外部情報が同時に検出された際に、前記重要度、及び、前記関連度を参照して単一の外部情報に対して実行すべき行動が決定される。したがって、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる意識的な選択が模擬的に再現される。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の実施形態に係る行動生成装置が適用される人工生物モデルの構成を示す図である。人工生物モデル1は、アクチュエータを介して現実世界において行動するロボット等の模擬生物、又は、コンピュータシステムを構成するディスプレイ内の仮想世界において行動する仮想生物である。人工生物モデル1は、外部情報検出部2、知識設定記憶部3、認識評価部4、状態記憶部5、行動計画部6及び動作出力部7によって構成されている。以下に人工生物モデル1の各部の構成及び処理内容を、

- 1 外部情報検出部
 - 2 知識設定記憶部
 - 2-1 目標記憶部
 - 2-2 経験知識記憶部
 - 3 認識評価部
 - 3-1 認識部
 - 3-2 意識レベル計算部
 - 3-3 評価部
 - 4 状態記憶部
 - 4-1 外部状態記憶部
 - 4-2 内部状態記憶部
 - 4-2-1 内部状態起因の抽出処理
 - 4-2-2 内部状態の更新処理
 - 5 行動計画部
 - 6 動作出力部
 - 6-1 歩行動作及び方向転換
 - 6-2 顔表情合成
 - 6-3 音声合成
 - 7 人工生物モデルの処理手順
- の順に説明する。

【0026】1 外部情報検出部

外部情報検出部2は、人間等の他の生物を含む外部環境から刺激としての外部情報を検出する。この外部情報検出部2は、例えば、CCDカメラ、マイクロフォン、振動センサ又はマウス等の入力装置によって構成される。

【0027】2 知識設定記憶部

知識設定記憶部3は、図2に示すように、先天的行動目標を記憶する目標記憶部11、及び、後天的行動目標を記憶する経験知識記憶部12によって構成されている。

【0028】2-1 目標記憶部

目標記憶部11は、人工生物モデル1に生得的に備わっている目標や欲求に疑似する行動目標を、この発明の基

本行動目標である先天的行動目標として記憶する。この先天的行動目標は、人工生物モデル1の製造時に予め設定されるとともに、飼い主であるユーザにおいて初期的に設定するようにしてもよい。

【0029】目標記憶部11に記憶される先天的行動目標には、人工生物モデル1が特定の刺激や物体を取得しようとする取得行動目標と、人工生物モデル1が特定の刺激や物体を避けようとする回避行動目標と、がある。

先天的行動目標としては、例えば、

目標1:「撫でられる触覚刺激を取得する」

目標2:「光刺激を取得する」

目標3:「叩かれる触覚刺激を回避する」

目標4:「飲食物を取得する」

目標5:「飼い主の喜びを取得する」

目標6:「飼い主の怒りを回避する」

目標7:「飼い主の悲しみを回避する」

があり、目標1、2、4、5が取得目標であり、目標3、6、7が回避目標である。このように取得目標及び回避目標を設定しておくことにより、取得目標が達成されるか紛糾するかに応じて人工生物モデル1に喜び又は怒りの表情を出力させることができ、回避目標が達成されるか紛糾するかに応じて人工生物モデル1に安堵又は嫌悪の表示を出力させることができる。

【0030】目標記憶部11は、先天的行動目標のそれぞれについて重要度を記憶する。この重要度は、複数の先天的行動目標の相互間の優先順位を定めたものであり、各先天的行動目標に固定的又は可変的に設定される。重要度の設定値を変化させる場合には、例えば、入力を時間、出力を重要度とするsin関数等の周期関数を用いて経時的に変化させることが考えられる。

【0031】このように、各先天的行動目標の優先順位を表す重要度を経時的に変化させることにより、同一の刺激に対して人工生物モデル1が行う行動が時系列的に変化し、現実の生物の行動に現れる「気紛れ」を再現することができる。

【0032】2-2 経験知識記憶部

経験知識記憶部12は、図5に示すように、人工生物モデル1が行動する過程において外部情報検出部2が検出した外部情報の認識結果と目標記憶部11に記憶されている先天的行動目標との関係を、この発明の獲得行動目標である後天的行動目標として記憶する。

【0033】経験知識記憶部12は、外部情報のそれぞれについて関連度及び記憶度を記憶する。関連度は、“0”～“1”の範囲の値をとり、各外部情報と先天的行動目標との関連性を表し、正の関連度と負の関連度とが存在する。

【0034】正の関連度が付された外部情報は、先天的行動目標の達成に貢献する。例えば、図5において、「撫でられる触覚刺激を取得する」という先天的行動目標1に対して色1には“0.7”の正の関連度が付与さ

れており、撫でられた時に人工生物モデル1が色1を検出したことを示している。正の関連度は、各外部情報が属する先天的行動目標が達成された際に同一の外部情報が認識されている場合に“0.1”増加され、各外部情報が属する先天的行動目標が達成された際に同一の外部情報が認識されていない場合に“0.1”減少される。

【0035】負の関連度が付された外部情報は、先天的行動目標の達成を紛糾させる。例えば、図5において、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標3に対して音3には“0.4”の負の関連度が付与されており、叩かれた時に人工生物モデル1が音3を検出したことを示している。負の関連度は、各外部情報が属する先天的行動目標が紛糾した際に同一の外部情報が認識されている場合に“0.1”増加され、各外部情報が属する先天的行動目標が紛糾した際に同一の外部情報が認識されていない場合に“0.1”減少される。

【0036】記憶度は、“0”～“1”の範囲の値をとり、各外部情報について先天的行動目標との関係を消去すべき時期の決定に用いられる。即ち、外部情報が経験知識記憶部12に新たに記憶された時の記憶度を“1”として、時間経過にともなって減少させ、関連度の増加にともなって増加させる。そして、記憶度の値が“0”になった時に、その外部情報を経験知識記憶部12の記憶内容から消去する。この記憶度は、現実の生物の行動に現れる「忘却」を再現するために使用することができる。即ち、記憶度が大きい外部情報に対する反応を早くし、記憶度が小さい外部情報に対する反応を遅くする。また、記憶度が“0”になればその外部情報に対して反応しなくなる。なお、記憶度により外部情報の保存期間を定めることにより、記憶すべき外部情報の総数を削減し、メモリの記憶容量を減少することができる。

【0037】目標記憶部11及び経験知識記憶部12の記憶内容は、後述する認識評価部4から状態記憶部5に出力される評価出力リストに基づいて更新される。評価出力リストは図8に示すように、目標、状態、対象、方向、新規性、重要度、関連度、関連方向及び適合度の各欄によって構成されている。

【0038】目標欄には、目標記憶部11に記憶されているいずれかの先天的行動目標が記述される。状態欄には目標欄に記載された先天的行動目標が、達成した、紛糾した、達成しそう、又は、紛糾しそうのいずれの状態であるかが記述される。対象欄には、認識された単一又は複数の外部情報の種類が記述される。方向欄には、外部情報検出部3を構成するCCDカメラの撮像画面における外部情報の重心の座標値が記述される。

【0039】新規性欄には、目標欄に記述されている先天的行動目標と対象欄に記述されている外部情報との関係が新規であるか否かが記述される。重要度欄には、目標欄に記述されている先天的行動目標の重要度が記述される。関連度欄には、対象欄に記述されている外部情報

の関連度が記述され、新規な外部情報の場合には中間値“0.5”が記述される。関連方向欄には、目標が達成された場合には「正」が、目標が紛糾した場合には「負」が記述される。適合度欄には、対象欄に記述されている外部情報の認識時の適合度が記述される。

【0040】図8に示す評価出力リストは、状態記憶部5において保存される。経験知識記憶部12は、状態記憶部5に保存されている評価出力リストを参照し、状態欄の記述内容が「達成した」又は「紛糾した」である場合に、目標欄に記述されている先天的行動目標に属する記憶内容を更新する。

【0041】即ち、新規性欄の記述内容が「YES」である場合には関連度欄に記述されている“0.5”を付して対象欄に記述されている外部情報を新たに記憶し、新規性欄の記述内容が「NO」である場合には対象欄に記述されている外部情報の関連度及び記憶度を“0.1”増加する。また、目標欄に記述されている先天的行動目標に属する外部情報のうち、対象欄に記述されていない外部情報の関連度を“0.1”減少する。

【0042】3 認識評価部

認識評価部4は、図3に示すように、外部情報検出部2が検出した外部情報を認識する認識部31、認識した外部情報の関連度とその外部情報が属する先天的行動目標の重要度とに基づいてその外部情報を無視するか否かを判断するための意識度を算出する意識レベル計算部32、及び、算出した意識度に基づいて各外部情報を意識するか否かの評価を行う評価部33によって構成される。

【0043】3-1 認識部

認識部31は、外部情報検出部2が検出した外部情報を認識する。認識部31は、外部情報検出部2を構成する入力装置に応じて、例えば、振動認識部、光認識部、色認識部、個人顔認識部、飼い主感情認識部、音声認識部、マウス操作認識部及び仮想世界認識部等によって構成される。

【0044】振動認識部は、外部情報検出部2の振動センサからの入力を用いて、飼い主が人工生物モデル1を撫でているか、叩いているかを認識する。即ち、飼い主が人工生物モデル1を撫でている場合には、振動センサが検出する振動の振幅は比較的小さく、単位時間当りの信号回数が多くなる。また、飼い主が人工生物モデル1を叩いている場合には、振動センサが検出する振動の振幅は比較的大きく、単位時間当りの信号回数が少なくなる。振動認識部は、振動センサから入力される振幅データ及び周波数データに基づいて、例えば、図6に示すファジィルールを用いたファジィ推論により、飼い主が撫でているか叩いているかの適合度を出力する。この外部情報は、先天的行動目標と直接的に関係しており、撫でられたと認識した場合には「撫でられる触覚刺激を取得する」という先天的行動目標が達成され、叩かれた場合

には「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになる。

【0045】光認識部は、外部情報検出部3のCCDカメラの視野内の画素のうち、所定数以上の画素によって構成される画素集団の平均明度が閾値を越えるか否かを判断する。光認識部は、この判断において平均明度が閾値を越えている場合に、認識結果の適合度である画素集団の画素数、及び、画素集団の座標値を出力する。この外部情報は先天的行動目標と直接的に関係しており、光認識部が光を認識した場合には、「光刺激を取得する」という先天的行動目標が達成されたことになる。

【0046】色認識部は、いずれかの先天的行動目標が達成又は紛糾した際に、外部情報検出部3のCCDカメラが撮像している連続画像のうちの所定数のフレーム間の差分を求め、差分の小さい部分を背景として除去する。また、画像中の肌色部分は人間の顔や腕と見做して除去し、残りの部分を人間が着用している衣服と判断し、この部分において画素数が最も多い色を検出し、検出した色について加色混合の3原色であるRGBのそれぞれの強度値を抽出する。

【0047】色認識部は、衣服の色から抽出したRGBのそれぞれの強度値から、RGBのそれぞれについて、例えば、図7に示す三角波関数であるメンバシップ関数を作成して登録しておき、新たに検出した色から抽出したRGBのそれぞれの強度値について登録メンバシップ関数における適合度を求め、得られた3つの適合度のうちの最小値が予め定められた閾値以上である場合にはその適合度を出力し、閾値未満である場合には適合度として“0”を出力する。また、新たにメンバシップ関数を作成して登録する場合には適合度として“1”を出力する。色認識部は、適合度とともに衣服と判断した画像の重心の座標値を出力する。

【0048】なお、色認識部は、RGBのそれぞれの強度値が各メンバシップ関数の幅Mw内に含まれる複数の色については類似色とし、中心値Mcを移動させることにより1組のメンバシップ関数を使用する。これによって、登録するメンバシップ関数の数を削減して必要な記憶容量を減少することができる。

【0049】この色認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいて特定の色に対して反応する人工生物モデル1を作成することができる。例えば、赤い衣服を着用した人が人工生物モデル1を叩いた場合、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになり、赤色を認識するためのメンバシップ関数が作成される。また、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についての負の関連度が付与された赤色の外部情報が経験知識記憶部12に記憶される。次に赤い衣服を着用した人が人工生物モデル1に近づくと、色認識部において外部情報として赤色の衣服が認識され、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天

的行動目標について赤色に付与された負の関連度に基づいて、人工生物モデル1が、恐怖の表情を示したり、遠ざかる方向に移動する等の行動をとることができる。

【0050】また、光刺激を受けようとして人工生物モデル1が光源方向に移動中に、人工生物モデル1と光源との間に青い物体が割り込んで光源の光を遮った場合には、「光刺激を取得する」という先天的行動目標が青い物体によって紛糾したことになる、青色を認識するためのメンバシップ関数が作成されるとともに、「光刺激を取得する」という先天的行動目標についての負の関連度が付与された青色の外部情報が経験知識記憶部12に記憶される。次に外部情報として青色が認識された場合には、「光刺激を取得する」という先天的行動目標について青色に付与された負の関連度に基づいて、人工生物モデル1が、怒りの表情を示したり、攻撃する等の行動をとることができる。

【0051】個人顔認識部は、先天的行動目標が達成又は紛糾した際に、外部情報検出部3のCCDカメラの視野内に存在する人間の個人顔を登録又は認識する。CCDカメラの撮像した画像から個人顔を抽出する方法としては、例えば、「コンピュータによる顔の認識」(赤松茂、電子情報通信学会論文誌、D-II, Vol. J80-D- II, No. 8, pp. 2031-2046, 1997)や「顔画像照合による解錠制御システム」(土居元紀、陳謙、千原國宏他、電子情報通信学会論文誌、D-II, Vol. J80-D- II, No. 8, pp. 2203-2208, 1997)等を用いることができる。

【0052】個人顔認識部は、認識結果の適合度を出力し、認識した顔に適合する顔が登録されていない場合には適合度“0”を出力する。また、新たに登録する場合の適合度は“1”とする。適合度が所定の閾値を越える場合には、認識した個人顔のCCDカメラが撮像した画面における座標値を出力する。

【0053】この個人顔認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいて特定の個人顔に対して反応する人工生物モデル1を作成することができる。例えば、外部情報検出部3のCCDカメラの視野内にいる人が人工生物モデル1を撫でた場合、「撫でられる感覚刺激を取得する」という先天的行動目標が達成されたことになり、その人の個人顔が抽出されて登録され、「撫でられる感覚刺激を取得する」という先天的行動目標についての正の関連度を付与した個人顔が経験知識記憶部12に記憶される。次にCCDカメラが撮像した画像から同一の個人顔が抽出された場合には、「撫でられる感覚刺激を取得する」という先天的行動目標についてその個人顔に付与された正の関連度に基づいて、人工生物モデル1が、喜びの表情を示したり、その人に近づく方向に移動する等の行動をとることができる。

【0054】飼い主感情認識部は、飼い主の顔の表情や声の調子に基づいて、飼い主の感情を認識し、認識された飼い主の感情、及び、適合度を出力する。飼い主感情

認識部の処理により、「飼い主の喜びを取得する」、「飼い主の怒りを回避する」及び「飼い主の悲しみを回避する」等の先天的行動目標が達成されたか、又は、紛糾したかを認識することができ、人工生物モデル1は、飼い主の近くに存在する物体や刺激が飼い主の感情に与える影響を認識することができる。例えば、特定の物体が存在する時に飼い主の喜びの感情を認識した場合、次に飼い主の悲しみの感情を認識した際に、人工生物モデル1がその物体を飼い主の近くに移動させる等の行動をとることができる。

【0055】なお、顔表情を認識する方法としては、例えば、「連続出力確率密度分布を用いたHMMによる動画像からの複数人物の表情認識」(大塚尚宏、大谷淳、中津良平、電子情報通信学会論文誌、D-II, Vol. J80-D-I 1, No. 8, pp. 2129-2137, 1997)等を用いることができる。また、人の音声から感情を認識する方法としては、例えば、特開平5-12023号に開示されている感情認識装置の構成等を用いることができる。さらに、顔表情と音声とから感情を認識する方法としては、例えば、「顔画像と音声を用いた対話者の心情抽出の検討」(助川寛、岩野裕利、白井克彦、電子情報通信学会技術報告、PRU94-109, 1985)等を用いることができる。

【0056】音声認識部は、先天的行動目標が達成又は紛糾した際に外部情報検出部3のマイクロフォンから入力される音声を認識及び登録する。音声認識の方法として、線形予測分析により求められるLPCケプストラム係数を音声特徴量として用いることができる。例えば、20次の線形予測分析を行った場合の特徴量は20次元ベクトルとなる。これらの特徴量に対するメンバシップ関数を前述の色認識部の処理におけるメンバシップ関数と同様に作成する。

【0057】音声認識部は、前述の色認識部と同様に、閾値処理後の適合度を出力する。また、新たに登録される音声の適合度は“1”とする。この音声認識部は、2本のマイクロフォンを備え、各マイクロフォンが集音した音声の強度の中心位置を求めることにより、音源の方向を認識する。

【0058】この音声認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいて特定の音声に対して反応する人工生物モデル1を作成することができる。例えば、ある人が特定の音声を発声しながら人工生物モデル1を叩いた場合、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになる、その音声を認識するためのメンバシップ関数が作成されるとともに、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についての負の関連度を付与した音声に外部情報として経験知識記憶部12に記憶される。次に同じ音声を認識した場合に、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についてその音声に負の関連度が付与されていることから、人工生物モデル1が、怒りの表情を示した

り、音源から離れる方向に移動する等の行動をとることができる。

【0059】マウス操作認識部は、コンピュータシステムのディスプレイ画面内において画像によって表現された仮想世界で行動する人工生物モデルにおいて、飼主によるマウスの操作内容を認識する。例えば、マウスの操作によりディスプレイ内のカーソルを人工生物モデル1の表示位置に移動してマウスボタンをクリックすることにより、人工生物モデル1を叩くという行為を表現することができる。また、ディスプレイ内のカーソルを人工生物モデル1の表示位置に移動した後、マウスボタンをクリックしながらカーソルを複数回往復移動させることにより、人工生物モデル1を撫でるという行為を表現することができる。

【0060】マウス操作認識部は、マウスの操作によって人工生物モデル1が撫でられたか、又は、叩かれたかの適合度を出力し、いずれの操作もない場合には適合度“0”を出力する。例えば、撫でるという行為については、10往復を最大値としてカーソルの往復移動回数を計数し、“0”～“1”の範囲で正規化した適合度を出力する。また、叩くという行為については、10回を最大値としてマウスボタンのクリック回数を計数し、“0”～“1”の範囲で正規化した適合度を出力する。

【0061】このマウス操作認識部の処理により、外部情報の検出結果の履歴に基づいてマウスの操作に対して反応する人工生物モデル1を作成することができる。例えば、マウスの操作によって叩く行為が行われた場合には、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標が紛糾したことになり、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標についての負の関連度を付与したマウス操作が経験知識記憶部12に記憶される。次に、カーソルが人工生物モデル1に接近する方向に移動した場合に、人工生物モデル1が、怒りの表情を示したり、カーソルから遠ざかる方向に移動する等の行動をとることができる。

【0062】仮想世界認識部は、コンピュータシステムにおいてディスプレイの画面内等に構成される仮想世界の物体を認識し、物体の形状等の適合度及び物体の座標値を出力する。

【0063】3-2 意識レベル計算部

意識レベル計算部32は、現実の生物が持つ意識という概念を人工生物モデル1において疑似的に再現する。即ち、現実の生物は、感覚器官から入力される全ての刺激や物体を意識して行動するわけではなく、自分に直接関係しない対象に対しては注意を向けない。これは、現実の生物において脳の処理速度や短期記憶の容量には限界があり、全ての対象に注意を向けていると生命に関わるような重要な対象に対する処理が遅れて生命の危険に瀕する場合があるからである。

【0064】人工生物モデル1においても、計算処理速

度や記憶容量には限界があり、認識部が認識した外部情報の全てについて処理を行うこととすると、刺激に対する反応としての行動をとるまでに長時間を要する場合があります。また、複数の対象に対する処理のいずれを優先するかを決定できずにデッドロック状態に陥る場合があります。そこで、意識レベル計算部は、複数の外部情報のそれぞれが人工生物モデル1の行動目標にどの程度関連しているのかを計算し、複数の外部情報のそれぞれに優先順位を定めることにより、反応行動をとるまでの時間を短時間化するとともに、デッドロックを防止する。

【0065】意識レベル計算部32は、認識部から入力される複数の認識結果、及び、経験知識記憶部12の記憶内容に基づいて、認識されたそれぞれの外部情報についての意識レベルを、次式によって算出する。

$$\text{【0066】}(\text{意識レベル}) = (\text{適合度}) \times (\text{関連度}) \times (\text{記憶度}) \times (\text{重要度})$$

ここに、適合度、関連度、記憶度及び重要度は、いずれも前述した処理において決定される。

【0067】また、仮想物体についての意識レベルは、次式によって算出する。

$$\text{【0068】}(\text{意識レベル}) = (\text{人工生物モデルから仮想物体までの距離}) \times (\text{関連度}) \times (\text{記憶度}) \times (\text{重要度})$$

但し、経験知識記憶部12に記憶されていない新たな刺激(外部情報又は仮想物体)に対する意識レベルは

“1”とする。また、目標記憶部11に記憶されている先天的行動目標に直接関連する刺激についての関連度及び記憶度は“1”とする。さらに、1つの刺激が複数の先天的行動目標に属する場合には、各先天的行動目標について意識レベルを算出し、算出した意識レベルの最大値をその刺激の意識レベルとする。

【0069】意識レベル計算部32は、認識された全ての刺激についての意識レベルに対して閾値処理を行い、所定の閾値以上の意識レベルを持つ刺激を意識上の対象として出力する。

【0070】3-3 評価部

評価部33は、意識レベル計算部32から出力された意識上の対象がどの先天的行動目標に関連するかを評価し、その評価結果を図8に示した評価出力リストとして出力する。

【0071】評価出力リストの出力方法は、意識上の対象に応じて3種類の方法がある。即ち、意識上の対象が、先天的行動目標と直接関係する対象である場合、既に登録済の対象である場合、及び、未登録の対象である場合のそれぞれにおいて、評価出力リストの出力方法が異なる。

【0072】意識上の対象が先天的行動目標と直接関係する対象である場合には、評価出力リストの目標欄には意識上の対象が直接関係する先天的行動目標の番号、及び、取得目標であるか回避目標であるかの種別が、状態

欄には目標を達成したか紛糾したかの種別が、それぞれ記述される。また、対象欄には、先天的行動目標と直接関係する対象が記述され、人工生物モデル1が現実世界に存在するロボットである場合には振動1（撫でる）、振動2（叩く）、光刺激又はユーザ感情のいずれかが記述され、仮想世界に存在する仮想生物の場合にはさらに飲食物が含まれる。方向欄には、対象欄の記述内容が光刺激である場合における光源の座標値、仮想生物の場合には物体の座標値が記述される。新規性欄には「NO」が、重要度欄には目標欄の記述内容に対応した重要度が、それぞれ記述される。また、関連度欄には「1」が、関連方向欄には目標の達成／紛糾の別に応じて正／負が、適合度欄には認識結果の適合度が、それぞれ記述される。

【0073】意識上の対象が経験知識記憶部12に既に登録されている対象である場合であって、目標と直接関係する対象である場合には、評価出力リストの目標欄には意識上の対象が直接関係する先天的行動目標の番号、及び、取得目標であるか回避目標であるかの種別が、状態欄には目標を達成したか紛糾したかの種別が、それぞれ記述される。目標と直接関係する対象でない場合には、目標欄にはその対象が属する先天的行動目標の番号、及び、取得目標であるか回避目標であるかの種別が、状態欄には関連度の正／負に応じて「達成しよう」／「紛糾しよう」が、それぞれ記述される。既に登録済の対象である意識上の対象が複数の先天的行動目標に属する場合には、関連度が最大の先天的行動目標について記述され、複数の先天的行動目標についての関連度も等しい場合には記憶度が最大の先天的行動目標について記述され、複数の先天的行動目標についての記憶度も等しい場合には目標の番号の小さい方の先天的行動目標について記述される。

【0074】一例として、先天的行動目標と直接関係する意識上の対象が存在し（例えば、叩かれた場合）、かつ、別の意識上の対象として色1（図5参照）が存在する場合について説明すると、この場合、図5を参照すれば、色1は先天的行動目標1（撫でられる触覚刺激を取得）に関連するという知識は既にあるが、今回は、先天的行動目標3（叩かれる触覚刺激を回避）に関連する外部情報として認識されるため、評価出力リストの目標欄には「3（回避）」が、状態欄には「紛糾した」が、対象欄には「色1」が、方向欄には色1の重心座標値が、新規性欄には「YES」が、重要度欄には先天的行動目標3の重要度が、関連度欄には新たな外部情報の関連度「0.5」が、関連方向欄には「負」が、適合度欄には色1についての認識結果における適合度が、それぞれ記述される。

【0075】一方、先天的行動目標と直接関係する意識上の対象が存在せず、意識上の対象として色1のみが存在する場合、図5を参照すると色1は先天的行動目標1

（撫でられる触覚刺激を取得）に正の関連度を有するため、色1を認識したことは「先天的行動目標1を達成しようである」と解釈する。この解釈に基づき、評価出力リストの目標欄には「1（取得）」が、状態欄には「達成しよう」が、対象欄には「色1」が、方向欄には色1の重心座標値が、新規性欄には「NO」が、重要度欄には先天的行動目標1の重要度（図5の例では0.8）が、関連度欄には新たな外部情報の関連度（図5の例では0.8）が、関連方向欄には「正」が、適合度欄には色1についての認識結果における適合度が、それぞれ記述される。

【0076】意識上の対象が未登録の対象である場合であって、その意識上の対象が直接関係する先天的行動目標がある場合には、評価出力リストの目標欄にはその意識上の対象が直接関係する先天的行動目標の番号及び種別が、状態欄には達成／紛糾の別が、それぞれ記述される。対象欄には、今回認識された意識上の対象の種類と整理番号が記述され、例えば、既に色5が登録されている場合には色6が記述される。方向欄には今回認識された意識上の対象の座標値が、新規性欄には「YES」が、重要度欄には目標欄に記述した先天的行動目標の重要度が、関連度欄には新たな外部情報の関連度「0.5」が、関連方向欄には状態欄に記述した達成／紛糾の別に応じて「正」／「負」が、適合度欄には今回認識された意識上の対象についての認識結果における適合度が、それぞれ記述される。

【0077】なお、意識上の対象が未登録の対象である場合であって、その意識上の対象が直接関係する先天的行動目標がない場合には、評価出力リストは作成しない。

【0078】人工生物モデル1が仮想世界に存在する場合には、評価部33とともに仮想世界評価部が設けられる。仮想世界評価部は、仮想世界の状態を評価し、図8に示した評価出力リストを作成する。ここに、仮想世界の状態とは、仮想世界に存在する仮想物体の状態、及び、仮想世界の人工生物モデルの行動を意味し、例えば、「人工生物モデルBが自分に食料を譲った」（例1）、「人工生物Cが自分を叩いた」（例2）、「人工生物Cが自分に近づいた」（例3）等である。

【0079】以下に、例1～3の場合に仮想世界評価部が作成する評価出力リストについて説明する。

【0080】例1の場合

「人工生物モデルBが自分に食料を譲った」ことを認識すると、「飲食物を取得する」という先天的行動目標4が達成されたと判断し、評価出力リストの目標欄には「4（取得）」が、状態欄には「達成した」が、対象欄には「人工生物モデルB」が、方向欄には人工生物モデルBの座標値が、新規性欄には人工生物モデルBが未登録か否かに応じて「YES」又は「NO」が、重要度欄には目標欄の記述内容である先天的行動目標4の重要度

が、関連度欄には新規性欄の「YES」／「NO」に応じて「0.5」又は経験知識記憶部12に記憶している関連度が、関連方向欄には「正」が、適合度欄には「1」が、それぞれ記述される。

【0081】例2の場合

「人工生物Cが自分を叩いた」ことを認識すると、「叩かれる触覚刺激を回避する」という先天的行動目標3が紛糾したと判断し、評価出力リストの目標欄には「3（回避）」が、状態欄には「紛糾した」が、対象欄には「人工生物モデルC」が、方向欄には人工生物モデルCの座標値が、新規性欄には人工生物モデルCが未登録か否かに応じて「YES」又は「NO」が、重要度欄には目標欄の記述内容である先天的行動目標3の重要度が、関連度欄には新規性欄の「YES」／「NO」に応じて「0.5」又は経験知識記憶部12に記憶している関連度が、関連方向欄には「負」が、適合度欄には「1」が、それぞれ記述される。

【0082】例2の後に例3が生じた場合

「人工生物Cが自分を叩いた」ことを認識した後に「人工生物Cが自分に近づいた」ことを認識すると、評価出力リストの目標欄には「3（回避）」が、状態欄には「紛糾しそう」が、対象欄には「人工生物モデルC」が、方向欄には人工生物モデルCの座標値が、新規性欄には「NO」が、重要度欄には先天的行動目標3の重要度が、関連度欄には経験知識記憶部12に記憶している関連度が、関連方向欄には「負」が、適合度欄には「1」が、それぞれ記述される。このように記述された評価出力リストに基づいて、人工生物モデル1は人工生物モデルCに叩かれるのではないかという不安を生じたり、人工生物モデルCから遠ざかる方向に移動する等の行動をとる。

【0083】4 状態記憶部

状態記憶部5は、図4に示すように、外部状態記憶部41及び内部状態記憶部42によって構成されている。

【0084】4-1 外部状態記憶部

外部状態記憶部41は、認識評価部4において作成された評価出力リストを一時的に格納する。外部状態記憶部41に格納された評価出力リストは、内部状態記憶部42、知識設定記憶部3、行動計画部6及び動作出力部7によって参照される。

【0085】4-2 内部状態記憶部

内部状態記憶部42は、現実の生物である人間の感情や気分に対応する心情を、人工生物モデル1において模擬的に再現する。即ち、喜び、怒り、悲しみ、嫌悪、恐怖等の感情を再現する。ここで、感情とは高い覚醒レベルにおける短期的な心の状態を言い、気分とは低い覚醒レベルにおける長期的な心の状態を言う。感情の発生は、人間がおかれている状況に依存して変化する。例えば、「心の計算理論」（往住彰文著）によれば、喜びの感情は目標が達成された時に発生し、悲しみの感情は目標が紛糾した時に発生する。また、その他の感情も、目標や嗜好その他の要因の状態に応じて発生し、変化する。気分は、喜びや悲しみの状態が低い覚醒レベルで持続する。

【0086】このような考えに基づいて、内部状態記憶部42は、認識評価部から出力された評価出力リストの内容にしたがって、人工生物モデル1の感情の状態を、内部状態起因の抽出処理、及び、内部状態の更新処理により、更新的に記憶する。

【0087】4-2-1 内部状態起因の抽出処理

内部状態を更新するための起因として、目標の達成度、紛糾度を設定する。また、目標が達成しそうな場合の期待度、目標が紛糾しそうな場合の不安度を設定する。これら、達成度、紛糾度、期待度及び不安度をファジィ推論を用いて求める。このファジィ推論に用いるファジィルールの一例を図9に示す。なお、期待度及び不安度については、1ステップ前のものをファジィ推論の入力として用いる。ファジィ推論に用いるファジィルール、メンバシップ関数等のパラメータを個々に設定することにより、人工生物モデルに個性を与えることができる。

【0088】4-2-2 内部状態の更新処理

内部状態は人間の感情や気分を模擬的に再現するものであるため、ファジィ推論により感情強度の増加量を算出する。ファジィ推論に用いるファジィルールの一例を図10に示す。ファジィルール及びメンバシップ関数等のパラメータを個々に設定することにより、人工生物モデルに個性を与えることができる。

【0089】それぞれの感情強度 E_i は、次式により算出することができる。

【0090】

【数1】

$$E_i = \frac{1}{1 + \exp(-X)}$$

$$X = E_i + \delta - \gamma + \sum_j W_j E_j$$

但し、

exp: 指数関数

E_i : i 番目の感情の強度。値域は 0～1 の実数値。

δ : 増加量。ファジィ推論の出力結果(適合度)で 0～1 の実数値。

γ : 減衰量。時間経過に伴って増加する量で 0～1 の実数値。

W_j : j 番目の感情の i 番目の感情への影響度で -1～1 の実数値。

【0091】減衰量 γ は、感情強度が“0”から正の値になった時点で正の方向に増加し始め、感情強度が“0”以下になった時点で“0”に戻る。感情強度が所定の閾値以上である場合に、感情強度が最大の感情及び強度を行動計画部 22 及び動作出力部 6 に出力する。

【0092】算出した感情強度を、その値が減衰量 γ によって“0”になるまで、長期的な内部状態として保存することにより、現実生物である人間の気分という心情を人工生物モデル 1 において模擬的に再現する。なお、影響度 W_j を個々に設定することにより、人工生物モデルに個性を与えることができる。

【0093】5 行動計画部

行動計画部 6 は、知識設定記憶部 3 の記憶内容、評価出力リスト、及び、感情に基づいて、人工生物モデル 1 が実行すべき行動を計画する。行動を計画する際には、例えば、図 11 に示す行動規則を参照する。複数の行動規則が当てはまる場合には、重要度が最大である目標に関する行動規則を選択する。行動計画部 6 の出力は、「近づく」、「遠ざかる」、「威嚇する」等の行動名称と行動の対象とからなる。

【0094】6 動作出力部

動作出力部 7 は、行動計画部 6 の出力、及び、状態記憶部 5 が記憶する評価出力リストと感情に基づいて、人工生物モデル 1 の行動を出力する。動作出力部 7 が出力する行動としては、例えば、歩行動作、方向転換、顔表情の合成、及び、音声合成等がある。

【0095】6-1 歩行動作及び方向転換

人工生物モデル 1 が現実世界に存在する模擬生物である場合には、例えば、サーボモータを用いたアクチュエータによって歩行動作及び方向転換を実現する。歩行動作の進行方向は、行動計画部 6 の出力と評価出力リストの座標値とに基づいて決定する。例えば、行動計画が「対象に近づく」であり、対象が CCD カメラの視野の左側にある場合には進行方向を左側に変えて進み、対象が CCD カメラの視野の右側にある場合には進行方向を右側に変えて進むことにより、人工生物モデル 1 を対象に近づけることができる。また、行動計画が「対象から逃げる」であり、対象が CCD カメラの視野の左側にある場合には進行方向を右側に変えて進み、対象が CCD カメ

ラの視野の右側にある場合には進行方向を左側に変えて進むことにより、人工生物モデル 1 を対象から遠ざけることができる。

【0096】対象が音源の場合にも、人工生物モデル 1 が現在向いている方向に対して音源が左右いずれ側に存在するかの情報に基づいて進行方向を決定する。また行動計画が「威嚇する」である場合には、対象の方向に前進と後退とを繰り返しながら、「怒り」の顔表情と音声とを出力する。

【0097】方向転換は、左右のサーボモータの出力を変化させることによって実現できる。即ち、左側に方向転換する場合には右側のサーボモータの出力を左側のサーボモータの出力よりも大きくし、右側に方向転換する場合には左側のサーボモータの出力を右側のサーボモータの出力よりも大きくする。

【0098】人工生物モデル 1 が仮想世界に存在する仮想生物である場合には、例えば、コンピュータアニメーションのソフトウェアを用いて行動を表現し、ディスプレイ画面に表示する。

【0099】6-2 顔表情合成

顔表情は、行動計画部 6 からの出力、及び、状態記憶部 5 が記憶する感情に基づいて合成される。また、感情強度に応じて合成する表情の程度を調整する。例えば、行動計画が「威嚇する」である場合には怒りの顔表情を合成し、状態記憶部 5 において「喜び」の感情強度が所定の閾値を越えた場合に喜びの顔表情を合成する。

【0100】人工生物モデル 1 が現実世界に存在する模擬生物である場合には、例えば、「顔ロボット」(原文雄、小林宏、丹下明、遠藤弘毅、日本機械学会大 1 会 JSME ロボメカ・シンポジウム講演論文集、pp.77-84, 1996) 等により、アクチュエータの動作によって顔表情を作成する。

【0101】人工生物モデル 1 が仮想世界に存在する仮想生物である場合には、例えば、目、口、眉等の顔部品画像を感情と感情強度とに応じて準備しておき、コンピュータアニメーションのソフトウェアを用いて合成し、ディスプレイ画面に表示する。

【0102】6-3 音声合成

音声は、行動計画部 6 からの出力、状態記憶部 5 が記憶

する感情に基づいて合成される。また、感情強度に応じて合成する音声の大きさを調整する。例えば、行動計画が「逃げる」である場合には悲鳴を合成し、状態記憶部5に記憶する「喜び」の感情強度が所定の閾値を越えた際に喜びの音声を合成する。合成した音声はスピーカを介して出力される。

【0103】7 人工生物モデルの処理手順

以上のように構成された人工生物モデル1の処理手順を、図12のフローチャートに示す。人工生物モデル1は、外部情報検出部2が外部情報を検出するまで、行動計画部6及び動作出力部7の動作によって移動及び停止をランダムに繰り返す(s1, s2)。外部情報検出部2が外部情報を検出すると、認識評価部4の認識部31により外部情報検出部2が検出した外部情報を認識する処理を行い(s3)、認識した外部情報について意識レベル計算部32において意識レベルの計算を行う(s4)。

【0104】次いで、認識された外部情報のうち意識レベルが所定の閾値以上の外部情報を意識上の対象として評価部33において抽出し(s5)、抽出した意識上の対象について評価部33において評価出力リストを作成する(s6)。さらに、作成された評価出力リストに基づいて内部状態記憶部42が記憶する内部状態を更新するとともに(s7)、知識設定記憶部3の経験知識記憶部12の記憶内容を更新する(s8)。

【0105】この後、評価出力リスト及び経験知識記憶部12の記憶内容に基づいて行動計画部6において行動計画を作成し(s9)、作成された行動計画に基づいて動作出力部7により動作を出力する(s10)。人工生物モデル1は、電源がオンされている状態において上記s1～s10の処理を繰り返し実行する。

【0106】以上の処理により、この実施形態に係る人工生物モデル1は、現実の生物における行動の生成過程に用いられる学習、忘却及び意識の概念を模擬的に実行し、外部情報に対して自律的な行動を生成し、現実の生物の行動に極めて近似した行動を実行する。

【0107】なお、上述した人工生物モデル1において、知識設定記憶部3、認識評価部4、状態記憶部5及び行動計画部6は、メモリを備えたマイクロコンピュータ内に構成することができ、上記の人工生物モデル1の処理手順は、CD-ROM等の記録媒体に記録された処理プログラムとしてマイクロコンピュータに供給することができる。

【0108】

【発明の効果】請求項1、9及び17に記載した発明によれば、検出した外部情報と予め定められた基本行動目標との関係から新たな行動目標を獲得行動目標として学習し、学習した獲得行動目標を含めた行動目標に基づいて外部情報に対して実行すべき行動を決定することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定するための

行動目標を学習により補充することができ、予想できない外部情報に対しても実行すべき行動を自律的に決定することができるとともに、予め設定しておくべき行動目標の数を削減することができる。

【0109】請求項2、10及び18に記載した発明によれば、学習により獲得した新たな行動目標を記憶度に基づいて個別に消去することにより、新たに獲得した行動目標の一部を消去して外部情報に対して実行すべき行動を決定するための行動目標を過度に保存することがなく、行動の決定処理が煩雑化することを防止できるとともに、行動目標の記憶容量を削減することができる。

【0110】請求項3、11及び19に記載した発明によれば、時間経過にともなって減少する記憶度にしたがって獲得行動目標を個別に消去することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる忘却現象を再現することができ、現実の生物に近似した行動を生成することができる。

【0111】請求項4、12及び20に記載した発明によれば、使用状態に応じて減少する記憶度にしたがって獲得行動目標を個別に消去することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、各外部情報の出現頻度に応じて現実の生物に生じる忘却現象をより忠実に再現することができ、現実の生物により近似した行動を生成することができる。

【0112】請求項5、13及び21に記載した発明によれば、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、複数の基本行動目標のそれぞれに付与された重要度を参照することにより、検出した外部情報が複数の基本行動目標に関係する場合にも、その外部情報に対して単一の行動を決定することができ、相反する複数の行動が決定されることによるデッドロック状態を確実に防止することができる。

【0113】請求項6、14及び22に記載した発明によれば、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に関係する複数の外部情報が同時に検出された場合にも、単一の外部情報に対する単一の行動を決定することができ、相反する複数の行動が決定されることによるデッドロック状態を確実に防止することができる。

【0114】請求項7、15及び23に記載した発明によれば、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、外部情報のそれぞれに付与された関連度を参照することにより、同一の基本行動目標に関係する複数の外部情報が同時に検出された場合にも、出現頻度の最も高い単一の外部情報に対する単一の行動を決定することができ、相反する複数の行動が決定されることによるデッドロック状態を確実に防止することができる。

【0115】請求項8、16及び24に記載した発明によれば、複数の外部情報が同時に検出された際に、前記

重要度、及び、前記関連度を参照して単一の外部情報に対して実行すべき行動を決定することにより、外部情報に対して実行すべき行動を決定する際に、現実の生物に生じる意識的な選択を模擬的に再現することができ、現実の生物に近似した行動を生成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施形態に係る行動生成装置を適用した人工生物モデルの構成を示す図である。

【図2】同人工生物モデルの知識設定記憶部の構成を示す図である。

【図3】同人工生物モデルの認識評価部の構成を示す図である。

【図4】同人工生物モデルの状態記憶部の構成を示す図である。

【図5】同知識設定記憶部の記憶内容を示す図である。

【図6】同認識評価部における振動認識のためのファジィ推論に用いられるメンバシップ関数を示す図である。

【図7】同認識評価部における色認識に用いられるメンバシップ関数を示す図である。

【図8】同認識評価部において作成される評価出力リストを示す図である。

【図9】同状態記憶部の内部状態記憶部における内部状態起因の抽出処理に用いられるファジィルールを示す図である。

である。

【図10】同状態記憶部の内部状態記憶部における内部状態の更新処理に用いられるファジィルールを示す図である。

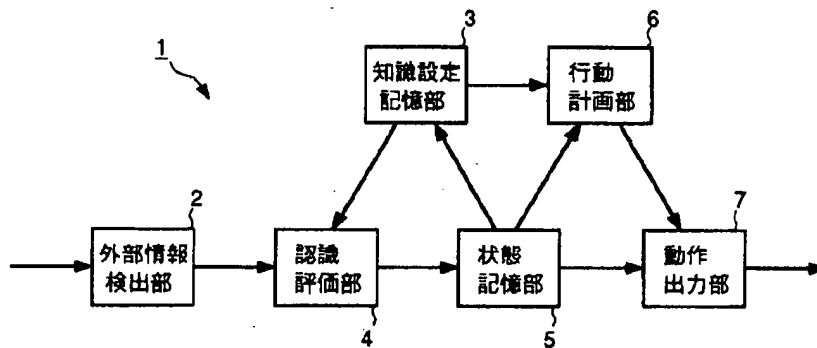
【図11】同人工生物モデルの行動計画部における行動計画の決定に用いられる行動規則を示す図である。

【図12】同人工生物モデルにおける処理手順を示すフローチャートである。

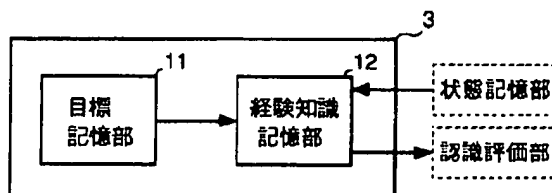
【符号の説明】

- 1－人工生物モデル
- 2－外部情報検出部
- 3－知識設定記憶部
- 4－認識評価部
- 5－状態記憶部
- 6－行動計画部
- 7－動作出力部
- 11－目標記憶部
- 12－経験知識記憶部
- 31－認識部
- 32－意識レベル計算部
- 33－評価部
- 41－外部状態記憶部
- 42－内部状態記憶部

【図1】



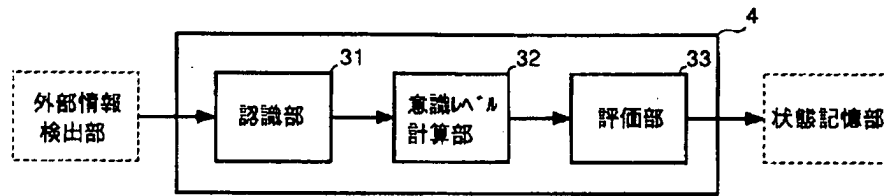
【図2】



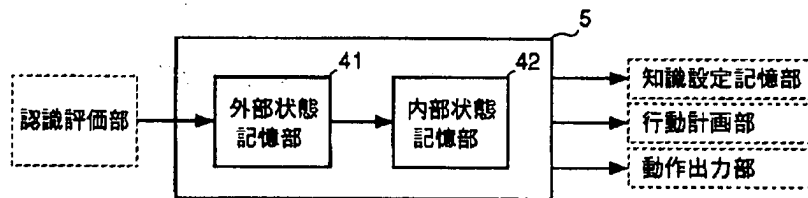
【図5】

目標1 重要度 0.60	目標2 重要度 0.30	目標3 重要度 0.80
色1 正の関連度 0.70 記憶度 0.80	色2 正の関連度 0.90 記憶度 0.70	色2 負の関連度 0.70 記憶度 0.80
色3 正の関連度 0.30 記憶度 0.20	色3 負の関連度 0.80 記憶度 0.40	色4 負の関連度 0.40 記憶度 0.30
色5 負の関連度 0.60 記憶度 0.80		色6 負の関連度 0.60 記憶度 0.80
音1 正の関連度 0.30 記憶度 0.20		音3 負の関連度 0.40 記憶度 0.30
⋮		⋮

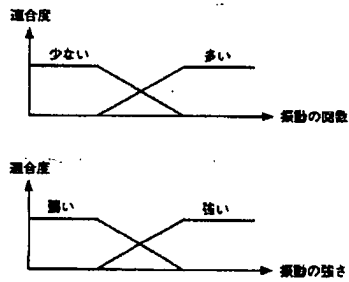
【図3】



【図4】

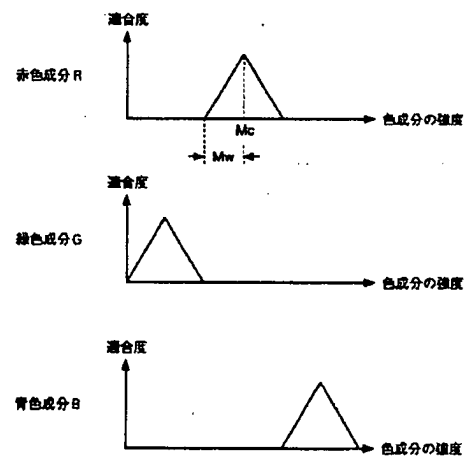


【図6】



もし、振動回数が少ない かつ 振動が強い ならば たたく
もし、振動回数が多く かつ 振動が弱い ならば 推せる

【図7】



【図8】

目標	1 (取得) / 2 (取得) / 3 (回避) / 4 (取得) / 5 (取得) / 6 (回避) / 7 (回避)
状態	達成した / 紛糾した / 達成しそう / 紛糾しそう
対象	振動# / 光# / 色# / 騒音# / 音声# / マウス# / 仮想物体#
方向	重心のXY座標値
新しい関連	YES/NO
目標重要度	実数値 (0~1)
目標関連度	実数値 (0~1)
関連方向	正/負
適合度	実数値 (0~1)

※ 対象の項目で#は記憶した順番の番号を表す。

【図9】

取得目標が達成した状態の場合、

目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、達成度は大きい
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、達成度は小さい

取得目標／回避目標が紛糾した状態の場合、

目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、紛糾度は大きい
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、紛糾度は小さい

取得目標が達成しそうな場合、

目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、期待度は大きい
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、期待度は小さい

回避目標が紛糾しそうな場合、

目標の重要度が大きく、対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、不安度は大きい
 目標の重要度が小さく、対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、不安度は小さい

【図10】

取得目標が達成した場合の喜び

達成度が大きいならば、喜びの増加量は大きい
 達成度が小さいならば、喜びの増加量は小さい

回避目標が達成した場合の喜び

1 ステップ前の不安度が大きい場合は、喜びの増加量は大きい
 1 ステップ前の不安度が小さい場合は、喜びの増加量は小さい

取得目標が紛糾した場合の悲しみ

紛糾度が大きいならば、悲しみの増加量は大きい
 紛糾度が小さいならば、悲しみの増加量は小さい
 紛糾度が大きく、1 ステップ前の期待度が大きい場合は、悲しみは非常に大きい

取得目標に対して負の関連度を持つ対象に対する怒り

対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、怒りの増加量は大きい
 対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、怒りの増加量は小さい

回避目標に対して負の関連度を持つ対象に対する恐怖

対象の目標への関連度が大きく、適合度が大きいならば、恐怖の増加量は大きい
 対象の目標への関連度が小さく、適合度が小さいならば、恐怖の増加量は小さい

回避目標が紛糾した場合の嫌悪

紛糾度が大きいならば、嫌悪の増加量は大きい
 紛糾度が小さいならば、嫌悪の増加量は小さい

【図11】

- 取得目標が達成しそう → 対象（取得すべき刺激・物体）に近づく
- 取得目標が紛糾しそう、かつ、怒りの感情が存在する
 - 対象（紛糾に関連する刺激・物体）を威嚇する
- 回避目標が紛糾した → 対象（回避すべき刺激・物体）から逃げる
- 回避目標が紛糾しそう、かつ、恐怖の感情が存在する
 - 対象（紛糾に関連する刺激・物体）から逃げる
- 評価出力リストが状態記憶手段に存在せず、取得目標の重要度が大きい
 - 取得すべき刺激・物体を探す
- 取得すべき物体と他の人工生物が近くに存在して、その物体に関する取得目標の重要度が小さい
 - その人工生物に物体を譲る
- 他の人工生物が取得すべき物体を持っている
 - その人工生物に物体を譲るように頼む
- 他の人工生物が取得すべき物体を持っていて、その人工生物は目標いずれかに対して負の関連度を持つ
 - その人工生物に物体を威嚇する
- 目標6または7が紛糾した、または、紛糾しそう
 - 目標5の達成に正関連度をもつ対象を探す

【図12】

